

NUEVO DISEÑO DE UN TRANSDUCTOR OPTICO APTO PARA LA MEDIDA SIMULTÁNEA DE DEFORMACIONES Y TEMPERATURA EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

A. Quintela, C. Jáuregui, J. Echevarría, A. Cobo, M. Lomer, J.M. López-Higuera

Grupo de Ingeniería Fotónica – Dpto. TEISA – Universidad de Cantabria

Tlfn. 942-200877 Ext. 16 Fax : 942-200877

e-mail: aquintel@teisa.unican.es

ABSTRACT

A new design of transducer based in Fiber Bragg Grating is presented. It is able to measure simultaneously temperature and strain in concrete structures. A laboratory demonstration in a concrete beam is done

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de transductores basados en tecnologías ópticas es un área que en los últimos años se ha ido evolucionando con gran fuerza [1,2]. Una de las técnicas más utilizadas en estos es el uso de Redes de Difracción en Fibra Óptica (RDFO) [2]. Uno de los campos en los que esta técnica tiene más futuro es la medida de deformaciones en estructuras civiles. En la actualidad se están usando técnicas como topografía, comparadores de aguja, galgas extensiométricas, etc que si bien proporcionan resultados con gran precisión presentan ciertas limitaciones, como por ejemplo durabilidad, posibilidad de medida de forma continua a lo largo de la vida de la estructura, etc. Estos problemas se pueden solucionar usando transductores basados en RDFO, obteniendo una precisión en la medida similar a lo aportada por los métodos tradicionales. Además de este tipo de transductores presentan las ventajas típicas de los transductores basados en fibra óptica (bajo tamaño y peso, capacidad de multiplexación, durabilidad, inmune a interferencias electromagnéticas, etc) así como las ventajas inherentes a las RDFO (posibilidad de medida simultánea de deformación y temperatura, multiplexación en longitud de onda, etc).

En esta comunicación se presenta un nuevo diseño de un transductor basado en RDFO apto para la medida de deformación y temperatura de forma simultánea en el interior de estructuras de hormigón. Además se presentará la validación del transductor mediante su introducción en una viga de hormigón para posteriormente someterla a perturbaciones calibradas.

2. TRANSDUCTOR

Una red de difracción en fibra es una variación periódica en el índice de refracción del núcleo de una fibra óptica [3]. Cuando se introduce luz en una fibra que tiene grabada una RDFO se va a producir una reflexión de parte de esa luz a una única longitud de onda, denominada longitud de onda de Bragg. El resto de la luz

pasará sin sufrir ninguna perturbación. Esta longitud de onda se va a ver modificada con la deformación (strain) y con la temperatura a la cuales esté sometida la RDFO.

Por lo tanto con tan sólo introducir luz por un extremo y medir la longitud de onda de la luz reflejada se podría saber a que temperatura y/o strain esta sometida la RDFO. Si solamente se quiere medir una de estas magnitudes hay que aislar a la RDFO de la influencia de la otra, o bien compensar la medida con otra medida externa de la magnitud que no se desea medir con la RDFO de difracción. En caso contrario sería imposible discernir si la variación sufrida en la longitud de onda reflejada es debida a variaciones en la temperatura o en el strain. Una posible técnica para medir simultáneamente temperatura y strain con un mismo transductor es poner dos RDFO con diferentes longitudes de onda de Bragg [4]. Una de ellas estará fija al cuerpo de la cabeza transductora, viéndose afectada por el strain y por la temperatura, mientras que la otra no estará fija a la estructura de tal forma que sólo se verá afectada por variaciones en la temperatura da la cabeza transductora y no por el strain que esta sufra. De esta manera con las medidas obtenidas con la segunda RDFO se puede discriminar si las variaciones en la longitud de onda de Bragg de la RDFO fija son debidas al strain a la temperatura o a ambas.

Como la fibra óptica es sumamente frágil para poderla introducir en el hormigón hay que protegerla adecuadamente. El cuerpo del transductor debe ser de un material lo suficientemente robusto para que proteja a la fibra y además debe ser lo mas compatible posible con el hormigón. Se seleccionó un material que cumple lo requisitos establecidos y fácil de moldear. El transductor se hizo de una longitud de 40 cm. y se le pusieron dos salientes transversales en los extremos para que la transmisión del strain de la estructura a la cabeza transductora fuese óptima. En la Figura 1 se muestra el esquema del transductor diseñado, en el cual se pueden ver claramente los salientes mencionados así como las dos RDFO, una fija al cuerpo del transductor y otra libre.

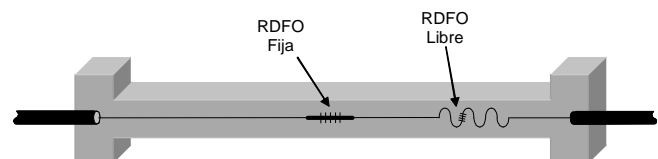


Figura 1. Esquema del transductor.

3. ENSAYO DE LABORATORIO

Para demostrar que el transductor funciona correctamente (en situaciones reales) se introdució en una estructura de hormigón bien conocida y fácil de analizar. Se optó por usar una viga de hormigón de 0,2x0,3x5,6 m. a la cual se le fue aplicando en el centro de la misma una carga transversal hasta llegar a rotura. Para que la deformación fuese homogénea la carga se distribuyó entre dos puntos centrados en la viga y separados entre sí 1,5 m. En la figura 2 se muestra una imagen de cómo se aplicó la carga a la viga de hormigón.



Figura 2. Imagen del momento de la carga de la viga de hormigón

Los transductores diseñados fueron probados tanto en tracción como en compresión. Así se instalaron dos transductores en el centro de la parte superior de la viga, (en sentido longitudinal) que funcionarían a compresión y otros dos en la parte inferior, trabajando a tracción. Todos los transductores tenían RDFO con diferentes longitudes de onda de Bragg, por lo que se podían interrogar todos simultáneamente.

El sistema de medida estaba compuesto por una unidad de interrogación de longitudes de onda y un multímetro digital que era el encargado de tomar los datos del sensor eléctrico que proporcionaba el valor de la carga aplicada. Todo ello se controló con un ordenador personal.

En la figura 3 se muestran los resultados obtenidos para dos de los transductores, uno de la zona inferior y otro de la zona superior. Como se puede observar el transductor que está trabajando en compresión es el de la zona superior, trabajando el de la zona inferior a tracción, como cabía esperar. Se ve como el comportamiento del transductor respecto a la carga es lineal hasta un valor de carga de unas 10 Tn, a partir de la cual empieza a ser exponencial. Lo último no es imputable a un funcionamiento defectuoso del transductor sino al hecho de que la viga entró en fase de rotura y por lo tanto empieza a presentar comportamientos no lineales. La diferencia de valores entre los dos transductores es

debido a que la estructura metálica de la viga no era simétrica, así como la colocación de los transductores

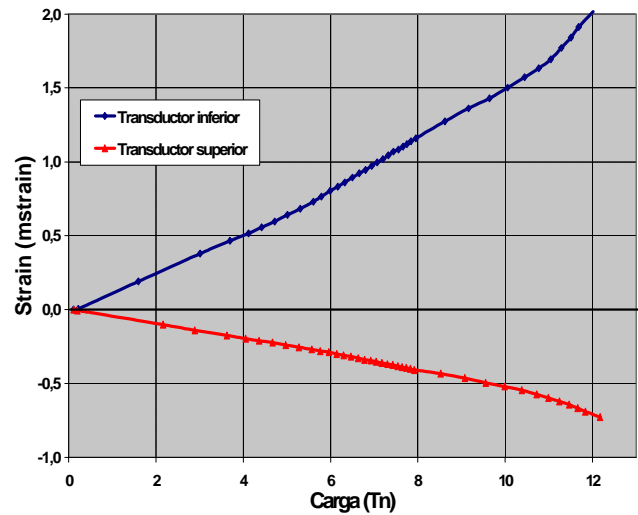


Figura 3. Evolución del strain de dos transductores durante la carga

4. CONCLUSIONES

Se ha presentado el diseño de un nuevo transductor basado en redes de difracción en fibra óptica para la medida simultánea de strain y temperatura en el interior de estructuras de hormigón. Además se ha mostrado como el transductor fue ensayado en el laboratorio obteniendo resultados satisfactorios, llegando a la conclusión que es un transductor válido para ser utilizado en estructuras reales de hormigón para poder hacer un seguimiento del comportamiento de las mismas.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado por la CICYT a través de su proyecto SuGARUS TIC-2001-0877-CO-01 y por la UE a través de su proyecto FEDER "SISFOCDTIC" 1FD97-0775.

6. REFERENCIAS

- [1] E.Udd, "An overview of fiber-optic sensors", *Review of Scientific Instruments*, Vol. 66, No. 8, pp. 4015-, 1995
- [2] J.M. López-Higuera, editor, "Handbook of optical fiber sensing technology". *John Wiley & Sons. Ed.*, Marzo 2002
- [3] Andreas Othonos, "Fiber Bragg Gratings", *Review of Scientific Instruments*, Vol. 68, No. 12, pp. 4309-4341, 1997
- [4] M. Song, S.B.Lee, S.S.Choi & B. Lee, "Simultaneous Measurement of Temperature and Strain Using Two Fiber Bragg Gratings Embedded in a Glass Tube", *Optical Fiber Technology*, Vol. 3, pp. 194-196, 1997